

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 F 1/31

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平6-195259

(22) 出願日 平成6年(1994)8月19日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 佐藤 誠

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

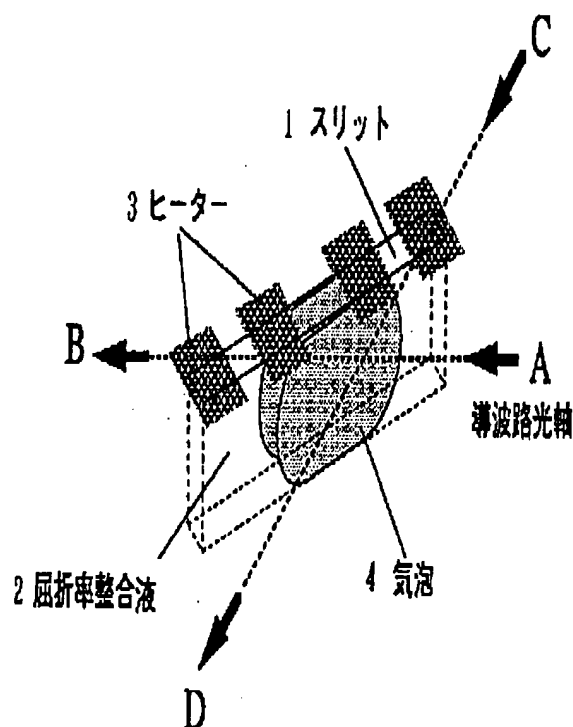
(74) 代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外1名)

(54) 【発明の名称】 表面張力熱制御型導波路光スイッチ及びマトリクス型光スイッチ

(57) 【要約】

【目的】 静的に屈折率整合液の移動を行う小型化が容易な表面張力熱制御型導波路光スイッチを提供する。

【構成】 光導波路の交差部を横断して設けたスリットとスリットに適当量注入された屈折率整合液とスリットを複数の領域に分割して加熱し得るヒーターとを具え、スリットを複数の領域に分割して加熱して屈折率整合液の表面張力にスリットの長さ方向の勾配を与え、その表面張力の勾配により屈折率整合液をスリット内で移動させる。スリットの中央部に幅が狭くなった箇所を設けてもよい。スリットの蓋側基板又は光導波路側基板に屈折率整合液の迂回移動用スリットを設けてもよい。光導波路基板上に格子状に光導波路を埋め込み、その各交差部に前記スイッチ素子を構成してマトリクス型光スイッチとすることもできる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 互いに交差した二つの光導波路の交差部を横断して設けられたスリットと、光導波路と同じ屈折率を持ち該スリットに適量注入された屈折率整合液と、該スリットを複数の領域に分割して加熱し得るヒーターとを具え、該スリットを複数の領域に分割して加熱し、該屈折率整合液の表面張力にスリットの長さ方向の勾配を与え、その表面張力の勾配により屈折率整合液をスリット内で移動させるように構成したことを特徴とする表面張力熱制御型導波路光スイッチ。

【請求項 2】 該スリットの中央部にスリット幅が狭くなった箇所が設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の表面張力熱制御型導波路光スイッチ。

【請求項 3】 該スリットの蓋側基板に該スリットの屈折率整合液の迂回移動用スリットが設けられていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の表面張力熱制御型導波路光スイッチ。

【請求項 4】 該スリットが設けられた光導波路側基板に該スリットの屈折率整合液の迂回移動用スリットが設けられていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の表面張力熱制御型導波路光スイッチ。

【請求項 5】 光導波路基板上に格子状に光導波路を埋め込み、該光導波路の各交差部に請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の表面張力熱制御型導波路光スイッチを構成したことを特徴とするマトリクス型光スイッチ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光信号の切替えに用いる自己保持型光スイッチに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 光導波路を横断する溝に屈折率整合液（例えばシリコンオイル）の注入及び排除を行い、それぞれ透過及び反射の状態を切替える光導波路型の自己保持機能を有する光スイッチが提案されている（金山和則、安藤泰博「液体注入による全反射光スイッチングの検討」1988年電子情報通信学会春季全国大会、C-491, Vol.1, p.196、及び、稲垣秀一朗、金井恒雄「自己保持形マトリクス導波路スイッチの光学特性」1991年応用物理学学会秋季講演会、10-a-PA-18, p.873）。しかしながら、提案されたスイッチでは屈折率整合液を手動で溝に注入及び排除してスイッチ動作を行っている。実用的な装置では、屈折率整合液の注入及び排除は精密な移動機構に搭載した注射器を用いて行われることを想定している。従って、光スイッチを光導波路に高集積しても、機械的機構を必要とするためスイッチ全体の体積はかなりの大きなものにならざるを得ない。また、精密な機構を利用するため振動や埃の多い環境では利用することが困難である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、光導

波路を横切る溝に屈折率整合液を注入及び排除して透過及び反射の状態を切替える自己保持型光スイッチにおいて、前述した従来の光スイッチとは異なり、屈折率整合液の移動を行うための機械的な機構を必要としない小型化が容易な光スイッチを提供することにある。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 本発明においては、前記の目的を達成するため、互いに交差した二つの光導波路の交差部を横断して設けられたスリットと、光導波路と同じ屈折率を持ち該スリットに適量注入された屈折率整合液と、該スリットを複数の領域に分割して加熱し得るヒーターとを具え、該スリットを複数の領域に分割して加熱し、該屈折率整合液の表面張力にスリットの長さ方向の勾配を与え、その表面張力の勾配により屈折率整合液をスリット内で移動させるように構成した表面張力熱制御型導波路光スイッチを提供する。

【0005】 更に、本発明の表面張力熱制御型導波路光スイッチは、前記スリットの中央部にスリット幅が狭くなった箇所が設けられていてもよい。更に、本発明の表面張力熱制御型導波路光スイッチは、前記スリットの蓋側基板に該スリットの屈折率整合液の迂回移動用スリットが設けられていてもよい。また、本発明の表面張力熱制御型導波路光スイッチは、前記スリットが設けられた光導波路側基板に該スリットの屈折率整合液の迂回移動用スリットが設けられていてもよい。

【0006】 更に本発明は、光導波路基板上に格子状に光導波路を埋め込み、該光導波路の各交差部に前記本発明の表面張力熱制御型導波路光スイッチを構成したマトリクス型光スイッチを提供する。

【0007】 図 1 を用いて本発明を説明する。光導波路 AB と CD との交差部を横切って設けられたスリット 1 に、空間（気泡 4）を残して屈折率整合液 2 が注入されており、この溝 1 の一方の片側に屈折率整合液が存在するときはその部分では光導波路の間を屈折率整合液が満たし、他方の片側に屈折率整合液が存在するときはその部分では光導波路の間を空間（気泡 4）が満たすようにする。更に、溝 1 の長さ方向に分割されたヒーター（図 1 では 4 つ）が配置された構成とする。

## 【0008】

【作用】 屈折率整合液 2 を注入してある溝 1 は、光導波路を埋め込んである光導波路基板に R I E（反応性イオンエッチング）等の微細加工技術で作成されている。この溝 1 に注入される屈折率整合液 2 はシリコンオイル或いは水溶液等であり、光導波路基板材料であるガラス或いは石英ガラスに極めてよく濡れる液体が選ばれる。即ち、濡れの接触角が 0 度である。このように濡れる液体を溝に注入すると、安定な状態では液体は溝の片端に接触する位置に存在する。これは液体の表面積（空間、空気又は蒸気と接する界面）を最小にしようとする表面張力の働きによる。

【0009】光導波路の間を屈折率整合液が満たしている部分では、光導波路を伝播している光信号は溝を横切って直進する。溝の幅は数十ミクロン以下に作成するので光信号が溝を横切る際の光損失は極めて小さい。例えば5ミクロンの幅の溝を横切る際の光損失は、理論的にも実験的にも0.01dBのオーダーであることが分かっている（花岡頼子、下川房男、西田安秀「低Δ溝付き交差光導波路スイッチ」1994年電子情報通信学会春季全国大会、C-321, Vol. 4, p. 318）。

【0010】屈折率整合液2が反対の片側にあって光導波路の間が空間になっている部分では、光導波路Aから伝播してきた光信号は溝の界面で全反射して光導波路Dへ導かれる。従って、光導波路の交差角度及び溝の側壁とのなす角度は全反射条件を満たすように構成されることは言うまでもない。この2つの状態を切替えることにより光スイッチ動作が行われる。

【0011】次に、溝1の中で屈折率整合液2を移動させる原理について説明する。前述したように、屈折率整合液2は光導波路基板の材料によく濡れる液体である。溝1の上にはガラス板等からなり溝を覆う蓋が被せてあり、その蓋には溝に沿って複数のヒーター3が配置してある。いま屈折率整合液2が存在する溝1の片端に近いヒーターに通電してヒーターの温度を上げると、そこに接する屈折率整合液2が熱せられる。液体の表面張力は温度に依存し、一般に臨界温度より充分低い温度領域では温度の上昇に対して直線的に低下する。

【0012】従って、屈折率整合液2を局所的に加熱した場合、局所的に温度の上昇した部分の表面張力が他の部分の表面張力に比べて低下するため、場所による表面張力の違いによって屈折率整合液2は加熱された場所を避けるように移動する。もっと分かり易く説明すると、加熱した箇所に屈折率整合液2の無い部分、即ち気泡4が捕らえられ、加熱箇所を移動することによりその気泡4が追隨して移動する。液体の移動は気泡4とガラス壁の間の液体層で起きるのである。このようにして複数のヒーター3に順次通電することにより、屈折率整合液2を片端から他方の片端に移動させることができる。

【0013】

【実施例】次に図面を用いて実施例を説明する。図2は本発明の第1の実施例を示す。図は光導波路基板に作成したスリット1を上から見た平面図であり、模式的に各構成部分を表している。図1に示した構成と同様に、光切替えができるように光導波路がスリット1の側面で交差している。気泡4（或いは屈折率整合液2）を移動させるためのヒーター3がスリット1の上部に被さる蓋側に3箇所設けてある。この実施例の特徴は、スリット1の中央部にスリット幅が狭くなった箇所が設けられていることにある。このスリットの狭まりにより、ヒーターを加熱していないとき、気泡がスリット1の右端から左端により安定して存在することができる。これは、表面張

力のため気泡部分がより幅の広い空間に移動する性質を持つためである。

【0014】図2に示した状態では気泡は左端に存在しており、光導波路を伝送される光信号はこのスリットを横切って直進する。気泡4を右端に移動させる際は、まず中央のヒーター3に通電して加熱する。そうすると、前述のように、表面張力が変化して気泡が中央のヒーターの位置に移動する。次にヒーターの加熱を右端のヒーターに移動すると、気泡は更に右に移動する。ヒーターの加熱を止めても気泡4はスリット中央の狭まりのために後戻りすることはない。この状態では、光導波路は気泡4で遮られることになり、図の下方から伝送されてきた光信号はスリット壁面（正確には壁面表面の屈折率整合液2の表面）で全反射され、他方の光導波路へ切替わる。

【0015】図3は本発明の第2の実施例を示す。図2と同じく模式的に各構成部分を表している。この実施例の特徴は、ヒーター3を設けた蓋側の基板に屈折率整合液2の迂回移動用のスリット6を設けていることにある。第1の実施例では屈折率整合液2の移動が気泡表面の薄い液体層によっている。液体には粘性があり、そのため薄い層内で移動するには粘性抵抗のために時間がかかる。図3の実施例のように液体の移動をバイパスする迂回路を設けることにより、液体の移動時間を短縮することができる。

【0016】図4は本発明の第3の実施例を示すもので、第2の実施例と同様に屈折率整合液の迂回移動用のスリット6を設けたものであるが、この場合は光導波路基板側に迂回路を設けたものである。この場合の作用及び効果は第2の実施例と同じであるが、更に光スイッチのためのスリットと同時に形成できる利点がある。但し、迂回路6の彫り込み深さは光導波路に影響のない深さであることは言うまでもない。迂回路6を光導波路側に設けると蓋側に凹凸がないため、ヒーターの配線がやり易いという利点もある。

【0017】図5は本発明の第4の実施例を示す。前記の実施例で説明した本発明の光スイッチ素子7を、光導波路基板8上に格子状に配線した光導波路の交差部に複数配置したものである。この実施例では、マトリクス状に9個のスイッチ素子7を配置し、3本の光ファイバ9間で信号の切替えを行う。光が通過する状態をOFF、反射切替状態をONと呼ぶことにすると、全てのスイッチがOFFのときA側の光ファイバ9からの信号が直線的にB側の光ファイバ9に伝達される。例えば、図の奥の中央のスイッチがONになるとA側奥の光ファイバ9の信号はC側中央の光ファイバ9に伝達される。

【0018】

【発明の効果】以上のように、本発明による表面張力熱制御型導波路光スイッチは、構造が単純で微少な切替機構として実現することが可能であり、光導波路基板上に

多数の表面張力熱制御型導波路光スイッチを集積してコンパクトなマトリクススイッチを構成することができる等の著しい効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、本発明の構成を示す斜視図である。

【図2】 図2は、本発明の第1の実施例を示す模式図である。

【図3】 図3は、本発明の第2の実施例を示す模式図である。

【図4】 図4は、本発明の第3の実施例を示す模式図である。

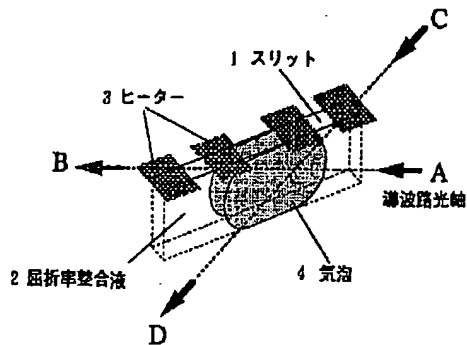
【図5】 図5は、本発明の第4の実施例を示す斜視図で

ある。

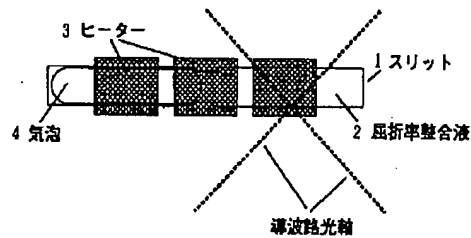
【符号の説明】

- 1 溝（スリット）
- 2 屈折率整合液
- 3 ヒーター
- 4 気泡
- 5 光導波路光軸
- 6 液体迂回用スリット
- 7 スイッチ素子
- 8 光導波路基板
- 9 光ファイバ

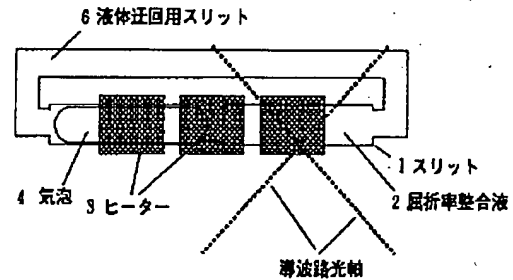
【図1】



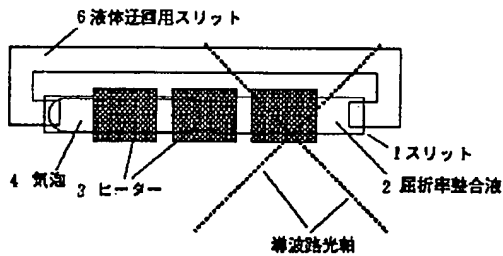
【図2】



【図4】



【図3】



【図5】

